

小麦粉の製パン性における食塩の影響

岡 野 節 子・岩 崎 ひろ子・水 谷 令 子

Effect of Sodium Chloride on Bread Baking Qualities of Wheat Flour.

Setsuko OKANO, Hiroko IWASAKI and Reiko MIZUTANI

1. 緒 言

小麦粉はパン、菓子、麺などの原料として家庭調理用として、あるいは食品工業用として広く利用されている。これら小麦粉を原料として食品を加工する場合には小麦タンパク質特有の性質を利用しているものが多い。小麦粉から調製するパンの焼性、特にルーフボリュームはグルテンタンパク質の質的、量的性質に多く依存している¹⁾。従来から良質のパンを調製するためには小麦粉に食塩を添加することが必須とされ、一般的には、小麦粉の2%程度の食塩を加えている。これは、食塩添加によってパン生地（ドウ）の伸展性が増し、かつ生地の安定性が高まるためといわれている²⁾³⁾。パンの品質は比容積が大きく、小さく均一な気泡が分散しているものがよいとされている³⁾。従ってパン生地が酵母の生成する炭酸ガスをその組織中に多く保持することが出来る場合によく膨れたパンが出来ると考えられる。食塩の添加はおそらく小麦グルテンの網目構造形成のためになんらかの役割をしていると考えられるが現在その機構についての知見はほとんどない。

本研究では、グルテン形成における食塩の影響を調べるための基礎的な実験を行った。ドウの膨化、パンの焼性、パンからの水分損失量、およびパンの物性を測定してそれぞれに対する食塩添加の影響を調べた。

2. 実験材料および実験方法

材料と使用器具

小麦粉は昭和産業株式会社製のパン用ブレンド小麦粉「ネオン」、砂糖は市販上白糖、ドライイーストは東洋醸造販売の「フェミルパン」、スキムミルクとショートニングは市販品（雪印株式会社）、食塩は試薬1級の市販品（和光純薬株式会社）を用いた。小麦粉は10℃の冷蔵庫中に、ドライイーストは-20℃の冷凍庫に保存した。

パンおよびドウの調製には家庭用パン焼き器（サンヨーホームベーカリー；SPM-B2）を使用した。

パンの調製

1回のパンの調製には小麦粉250g，砂糖10g，スキムミルク6g，ショートニング15g，水は蒸留水180mlを使用した。ドライイーストは通常は小麦粉の重量に対して0.5%を用いたが実験によってはその量を変えた。

ルーフボリュームおよび水分損失量の測定

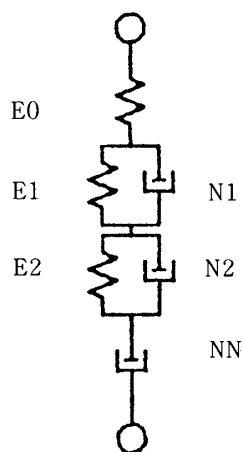
詳細な方法は前報に示した⁴⁾すなわち，焼き上がりのパンの容積はパン調製後24時間経過した後葉種法を用いて測定し，老化速度は表面積がほぼ等しいパンをデシケーター中に保存して，経時的に水分損失量を測定した。水分損失量は，はじめのパンの重量に対するデシケーター中で保存している間に減少した重量を%で示した。

発酵ドウの膨化測定

小麦粉150g，砂糖6g，ドライイースト1g，蒸留水100mlをパン焼き器に入れてこね（28分）の操作のみ行いドウを調製した。これを直ちに器具から取り出して，正確に50gずつ口径3.7cmの200ml容メスシリンダーに入れ， $27 \pm 1^\circ\text{C}$ に保ちながら膨張したドウの容積をメスシリンダーの目盛りから読みとった。

パンの物性測定

パンの柔らかさはパンを調製した後約24時間経過したものを用いてクリープ（歪緩和）試験を行った。測定に用いたパンは食塩無添加（ルーフボリューム，1596ml；A），食塩2%添加（ルーフボリューム，1494ml；B）である。クリープ試験は試料に一定荷重を加えたときの変形距離を経時的に測定するものである。本実験に用いたクリープメーターはバネとダシュポットを第1図のように接続した力学模型からなっている。バネ部分では弾性を，ダシュポット部分では粘性を，バネとダシュポットを並列に接続した部分では粘弾性を測定することが出来る。パンの中心部から $2.5 \times 2.5 \times 2.5\text{cm}$ を注意深く切り取って測定用の試料とした。調製した試料は水を入れて相対湿度を100%としたデシケーター内に保持し，測定前の乾燥を防いだ。この方法によって再現性のある測定値を得ることが出来た。測定にはクリープメーター（RE-3305，山電製，東京）を用い，荷重は5g/表面積 cm^2 とした。プランジャーは円板型（直径55mm，厚さ8mm）のものをを使用した。荷重保持時間は5分間である。データー解析はコンピューターソフト（山電，クリープ測定用）を用いて行った。実験は室温（ $27 \pm 1^\circ\text{C}$ ）で行った。

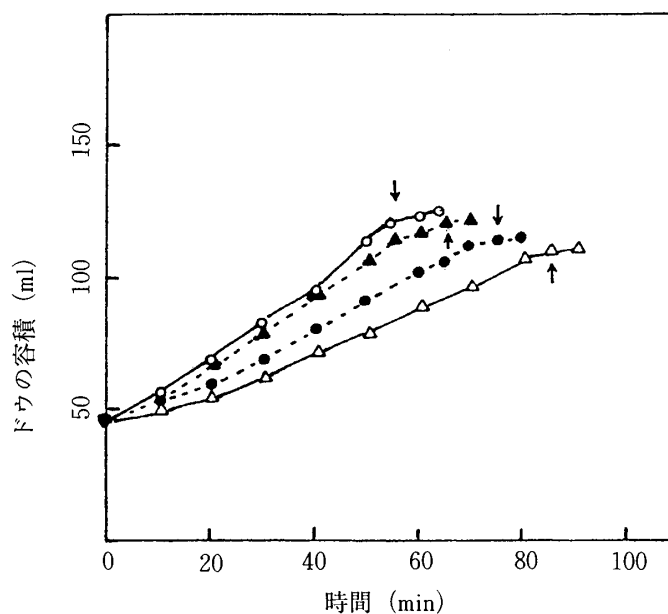


第1図 クリープメーターの力学モデル
弾性、粘性および粘弾性測定のための6要素モデル

3. 結果および検討

発酵ドウの膨化

発酵過程のドウの容積変化は第2図に示した。食塩を加えないで調製したドウは時間経過に



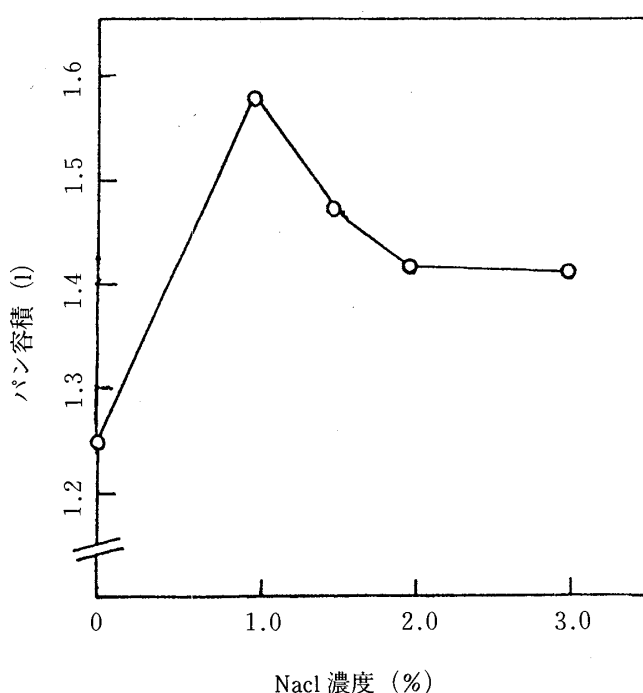
第2図 ドウの膨化における食塩濃度の影響
ドウ50gを用いて $27 \pm 1^\circ\text{C}$ にて測定した。↑はドウの破壊点を示した。食塩濃度は小麦粉に対して0% (—○—), 1% (—▲—), 2% (—●—), 3% (—△—) とした。

したがって直線的に膨張したが、ついには大きな泡状の膨らみを生じ、それ以上時間が経過してもわずかしこ膨張しなかった。膨張が一次関数的でなくなったところをドウの破壊点 (図中に↑で示した) とした。食塩無添加ドウの破壊点は55分で、ドウははじめの容積の約2.9倍となった。食塩を添加すると膨張は抑えられ、また破壊点までの時間は長くなった。食塩量が多くな

るに従ってこのことは著しかった。食塩添加によってドウの膨化が抑制されたのは、グルテンによって作られたドウの網目構造が強靱であることを示していると考えられる。一方、食塩が添加されない場合にはドウの網目構造が弱く、弾性が弱いので、ガス量が少ない場合（測定初期）においてはよく膨化するけれどもガス圧が大きくなると生成した炭酸ガスの気泡を内部に保持しきれなくなってついに破壊点に至ったものと考えられる。

パンの膨化

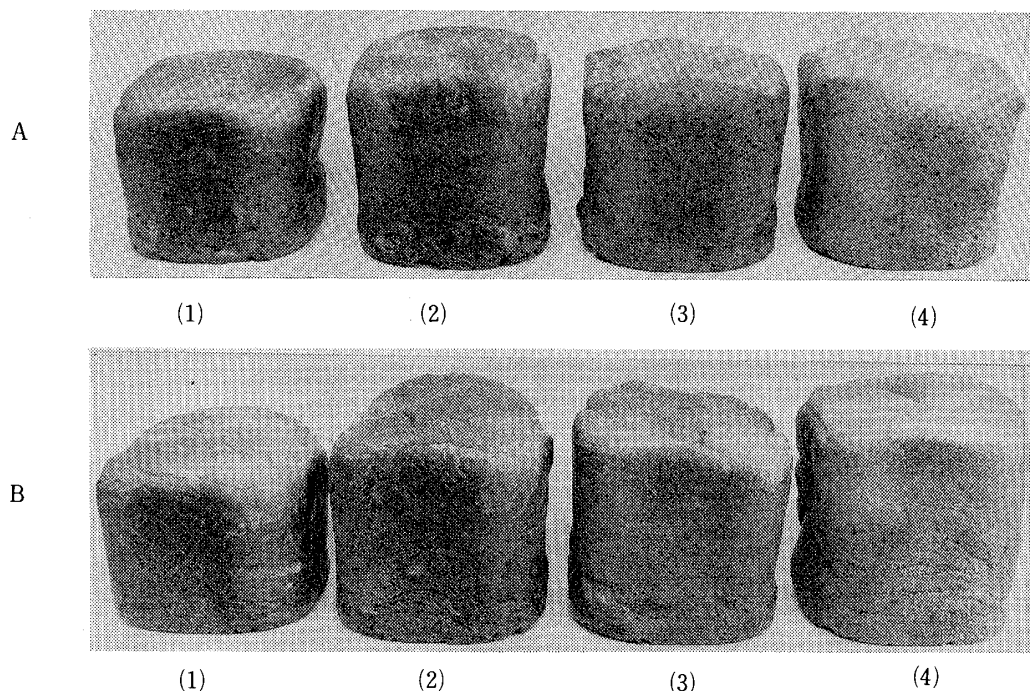
パンを焼き上がり後24時間経過した後測定した容積（ルフボリューム）における食塩添加の影響を第3図に示した。



第3図 パンの焼き上がり容積における食塩の影響
パンの配合は実験方法に示し、パンの容積は菜種法によって測定した。

食塩を加えない場合、パンの容積は小さく、食塩を小麦粉の1%加えた場合にはその容積は著しく増大した。食塩添加量が増加するとパンの容積はその量に応じて減少した。パンの調製過程を観察していると食塩無添加では一旦大きく膨れるが焼き上がるまでに陥没していった。イースト量を変えて調製したパンの食塩添加、食塩無添加の場合のルフボリュームを測定しその結果を第1表および第4図に示した。

イースト量が0.5%の場合には食塩無添加の方が容積は大きくなった。しかし、イースト量が1%以上になると食塩添加群の方がパン容積は大きい。第4図に見るように食塩無添加群では中心部が陥没し一旦膨化したものがガス圧に耐えきれずドウが破壊したことを示している。



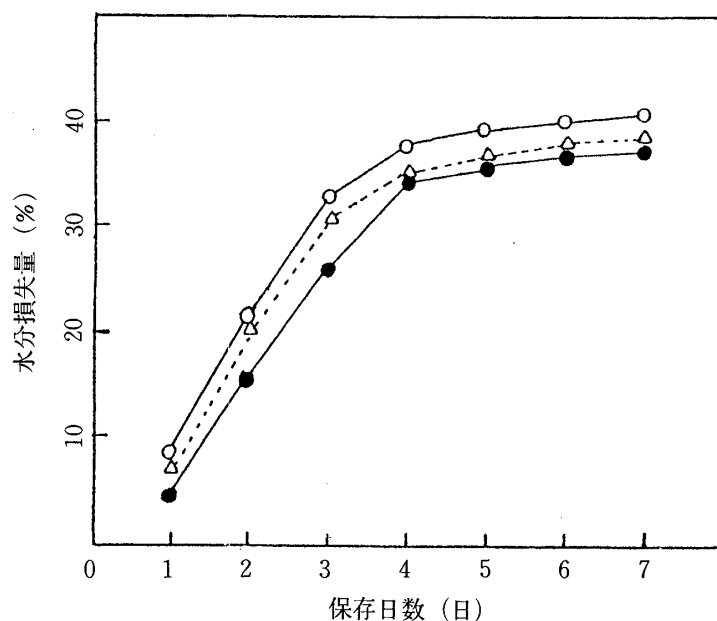
第4図 パンの出来上がりにおけるイースト量の影響
 A；食塩無添加， B；食塩添加
 イースト量（小麦粉に対する％）
 (1)0.5％ (2)0.75％ (3)1.0％ (4)1.25％

第1表 パンの焼き上がり容積とイースト量との関係					
イースト量(%)		0.5	0.75	1.0	1.25
		(1)*	(2)	(3)	(4)
		(ml)			
食塩	無添加(A)*	1,403	1,598	1,412	1,380
	添加(B)	1,310	1,581	1,559	1,634

食塩は小麦粉重量の2％を加えた。
 パン調製のための材料配合は実験方法の項に示した。
 *第4図の符号と対応している。

パンの水分損失量

パンの老化は水分が失われることが大きな要因であると考えられるので表面積をほとんど同じにした試料から失われる水分を経時的に測定した。その結果を第2表，第5図に示した。パンの水分は4日までにほとんど損失しそれ以降の変化は少なかった。食塩を添加すると水分の損失は抑えられた。また，食塩濃度が大きいほど損失量は少なかった。保存日数が短いほど食塩添加の影響は大きい傾向にあるが，試料間に差が出来るため検定を行った。その結果では有意差はなかった。



第5図 パンの水分損失量
製パン時の食塩添加量；0% (—○—)
1.5% (—△—)
3% (—●—)

第2表 パンの水分損失量における食塩の影響

保存期間(日)	食塩濃度				
	0	1	1.5	2	3
1	8.6±1.9 ^a	7.4±1.1	7.4±1.7	6.5±0.4	5.6±2.7
2	21.8±1.8	19.8±2.3	21.0±1.8	19.4±1.0	15.9±2.7 ^b
3	33.2±2.3	30.2±0.4	31.0±1.6	30.3±1.4	26.6±3.0 ^b
4	37.9±0.7	35.4±0.6 ^b	35.6±0.2 ^b	34.8±2.1	35.4±0.4 ^b
5	39.8±0.3	37.3±0.2 ^b	37.5±0.7 ^b	38.0±0.3 ^b	36.6±0.5 ^b
6	40.3±0.5	38.0±0.3 ^b	38.1±0.9 ^b	38.6±0.3 ^b	37.1±0.3 ^b
7	40.7±0.6	38.6±0.2 ^b	38.5±1.0 ^b	38.9±0.4 ^b	37.5±0.3 ^b

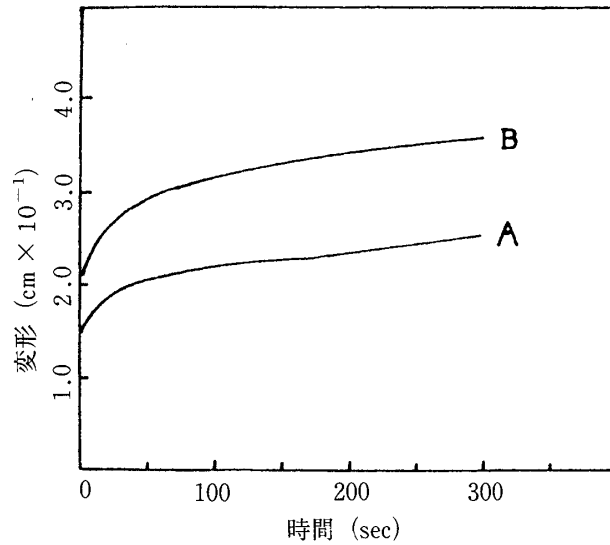
a ; 平均±標準偏差 (n = 4)

b ; p < 0.025

パンのクリープ測定

パンの柔らかさを調べるためにパンのクリープ試験を行いその結果を第6図、第3表に示した。

試料表面積 1 cm² に対して 5 g 荷重したときの変形量は食塩添加パン(B)の方が大きく (第6図) 食塩添加によって柔らかいパンが出来ることを示している。この結果は官能的な観察とも一致した。その内容を見ると、応力には食塩添加の影響はみられなかったが、弾性部分を比較してみると食塩添加は無添加より小さい値を示した。特に遅延弾性は食塩無添加は食塩添加の約2倍であった (第3表)。粘性部分においてもこのことは同様であった。すなわち、パン調製時に食塩を添加するとパンの粘弾性が高まるといえる。



第6図 パンのクリープ解析図
A ; 食塩無添加, B ; 食塩2%,

第3表 パンのクリープ解析

			食塩	
			無添加	添加
			(dyn/cm ²)	
応 力			4.9000×10^3	4.9000×10^3
弾性	瞬間	★E ₀	8.8779×10^4	7.1730×10^4
	遅延	E ₁	3.1608×10^5	1.6464×10^5
部分	遅延	E ₂	3.1225×10^5	1.9696×10^5
			(poise)	
粘性	定常	NN	9.6280×10^7	6.7753×10^7
	遅延	N ₁	1.3455×10^7	7.3669×10^6
部分	遅延	N ₂	1.3531×10^6	8.7323×10^5

各試料について4回測定しその平均値を示した。

★第1図のクリープメーター模型の各要素の符号と対応する。

4. 考 察

小麦グルテンの形成における食塩の影響を調べる目的で調理科学的な実験を行った。パンを調製する前段階である発酵ドウの膨化は食塩添加によって抑えられた。しかしドウの破壊点に至るまでの時間は食塩添加量が増加するにしたがって長くなった。このことは食塩無添加ドウはガス圧に対する強度が小さいことを示している。松本はドウの破壊点での膨化が大きいほどパンのルーフボリュームは大きいといっている⁵⁾。しかし本実験の場合にはドウの膨化とパンのルーフボリュームとの関係は発酵時間やイースト量などによって異なった結果を示した。実際にパンを焼いてみると第3図で示した実験では食塩添加はパンのボリュームを大きくしたが第4図に示したイースト量が0.5%の場合には食塩無添加でむしろ大きくなった。このように実

験条件が厳密にコントロールされない場合,特に温度の制御が厳密でない場合の解釈は難しい。しかし第1表に示した結果から判断すればガス圧にたいするドウの強さやドウの伸展性は食塩添加によって高まることは明かである。

食塩を添加して調製したパンはしっとりしており,柔らかで,しばらく放置しても硬くならない。このことはパンの柔らかさが食塩によって増すとともにパンの老化も食塩添加によって抑えられることを示している。経時的なパンからの水分損失量は食塩添加によって抑えられた。この現象はロウによっても示されている⁶⁾がその機作は明かでない。今後検討が必要である。

パンのクリープ解析によって求めた粘性および弾性は食塩を添加した場合に小さくなった。特に遅延部分に於てその違いは明かであり,食塩添加はパンの粘弾性を高めることに効果があった。すなわち物性測定の結果からも食塩はパンを柔らかにすることが解った。

小麦タンパク質のグルテニンとグリアジンが凝集して高分子のグルテンを形成するためには食塩の存在が必要であり,⁷⁾⁸⁾パンの焼性にはグルテン形成量とその性質,特にドウの伸展性が大きく影響するといわれる。¹⁾⁹⁾本研究においても食塩がグルテン形成に大きく関与し,さらにパン焼性に影響を及ぼすことが示された。今後グルテンの形成における食塩の役割については分子レベルの実験によって検討をしていく予定である。

本研究をするにあたって名古屋大学農学部早川茂博士に貴重な助言を頂いた。また,パンの物性測定には名古屋大学農学部食品工業化学第2講座のクリープメーターを使用させて頂いた。記して感謝致します。

参 考 文 献

- 1) Aitken, T. R. and Geddes, W. F., *Cereal Chem.*, **15**, 181 (1938)
- 2) Tanaka, K., Furukawa, K. and Matsumoto, H., *Cereal Chem.*, **44**, 675 (1967)
- 3) 井川憲明, 手ざわり舌ざわりの科学, p.154, 講談社 (1987)
- 4) 岩崎ひろ子, 岡野節子, 水谷令子, 鈴鹿短期大学紀要, 第8巻 102 (1988)
- 5) 松本博, 調理科学, **3**, 38 (1970)
- 6) Lowe, B., ロウの調理実験 (日本語版) P.502, 柴田書店 (1964)
- 7) Preston, K. R., *Cereal Chem.*, **58**, 317 (1981)
- 8) 早川茂ら, 未発表
- 9) Orth, R. A. and Bushuk, W., *Cereal Chem.*, **49**, 268 (1972)